



Projet n°. 015403

**FONIO**

**Amélioration de la qualité et de la compétitivité de la filière fonio  
en Afrique de l'Ouest**

Projet de Recherche spécifique ciblé (STREP)  
INCO

**WORK PACKAGE 1**

**Diversification of fonio products for niche export markets and local markets**

**D 7**

**Étude de la précuisson du fonio au sein de petites  
entreprises de transformation à Bamako (Mali) et à  
Ouagadougou (Burkina Faso)**

Study of fonio precooking at small processing enterprises level  
in Bamako (Mali) and Ouagadougou (Burkina Faso)

Authors: **Michel RIVIER, Jean-François CRUZ (Cirad)**

Workpackage leader: Mme Geneviève FLIEDEL (Cirad)

Project coordinator : Jean-François CRUZ (Cirad)

**CIRAD** (Centre de Coopération internationale en Recherche Agronomique pour le Développement - France)

Juillet 2007

| Projet co-financé par la Commission Européenne au cours du 6ème programme cadre (2002-2006) |  |   |
|---|--|---|
| Niveau de diffusion   |  |   |
| PU  | Public   |   |
| PP  | Restreint aux participants d'autres programmes (Services de la Commission inclus)    | X |
| RE  | Restreint à un groupe spécifié par le consortium (Services de la Commission inclus)  |   |
| CO  | Confidentiel, restreint aux membres du consortium (Services de la Commission inclus) |   |

**Auteurs:** Michel Rivier, Jean-François Cruz

Cirad (Centre de Coopération internationale en Recherche Agronomique pour le Développement )  
UMR Qualisud, 73 rue Jean-François Breton - TA B-95 / 16  
34398 Montpellier Cedex 5  
France

Ce travail a été réalisé en collaboration avec les personnels de petites entreprises de transformation du fonio à Bamako (Mali) et à Ouagadougou (Burkina Faso)

*Nota : Ce travail a été soutenu financièrement par la Commission de la Communauté Européenne. Il ne reflète pas nécessairement les vues et en aucun cas ne préfigure la politique future de la Communauté dans le domaine*

## **SOMMAIRE**

|  | <b>Pages</b> |
|--|--------------|
| <b>1 - Introduction</b>  | <b>1</b>     |
| <b>2 - Diagramme de l'opération de précuisson du fonio blanchi</b>           | <b>2</b>     |
| <b>2.1. Opérations préalables</b>  | <b>2</b>     |
| 2.1.1. Nettoyage, décorticage et blanchiment du fonio paddy ou prédécortiqué | 2            |
| 2.1.2. Lavage et dessablage du fonio blanchi                                 | 3            |
| <b>2.2. Opération de précuisson du fonio</b>                                 | <b>4</b>     |
| 2.2.1. Procédure   | 4            |
| 2.2.2. Diagrammes de précuisson  | 6            |
| <b>3 - Matériels de précuisson utilisés</b>                                  | <b>8</b>     |
| <b>3.1. Foyer à bois</b>   | <b>8</b>     |
| <b>3.2. Foyer à gaz</b>  | <b>9</b>     |
| <b>4 - Bilan énergétique</b>   | <b>10</b>    |
| <b>4.1. Bilan énergétique du foyer à bois</b>                                | <b>10</b>    |
| <b>4.2. Bilan énergétique du foyer à gaz</b>                                 | <b>10</b>    |
| <b>5 - Conclusions</b>   | <b>11</b>    |
| <b>Références</b>  | <b>12</b>    |

# 1 - Introduction

Le fonio, céréale ancestrale d'Afrique de l'Ouest, est aujourd'hui parfois valorisé sous la forme de fonio précuit conditionné en petits sachets plastiques de 500g et 1kg. Il est ainsi commercialisé dans les boutiques ou les supermarchés des grandes villes ou même exporté en Europe ou aux Etats Unis (Cruz, 2004).

Les petites entreprises qui transforment ainsi le fonio sont généralement implantées en milieu urbain et les opérations de transformation sont, encore de nos jours, très souvent traditionnelles. Les différentes étapes de la transformation du fonio paddy en fonio blanchi sont le nettoyage, le décorticage-blanchiment et le lavage-dessablage suivi du séchage (Cruz, 2001). Une opération de précuisson est réalisée entre le lavage-dessablage et le séchage pour obtenir le fonio précuit. Certaines opérations sont aujourd'hui mécanisées (nettoyage, décorticage et blanchiment) mais d'autres restent encore essentiellement manuelles (Cruz & Dramé, 2005)

Le fonio précuit est préparé manuellement par les femmes au niveau de groupements féminins ou de petites entreprises en suivant un procédé long, pénible et peu facile à mettre en œuvre.

Dans le cadre du projet européen FONIO « Amélioration de la qualité et de la compétitivité de la filière fonio en Afrique de l'Ouest » et des activités du Work Package 1 intitulé « *Diversification des produits de fonio pour les niches de marché à l'exportation et les marchés locaux* », il a été possible d'étudier le comportement du grain de fonio au cours de la précuisson puis d'optimiser les conditions de précuisson. L'objectif est de pourvoir mettre à la disposition des transformateurs, des équipements appropriés afin de réduire la durée et la pénibilité de la transformation et d'améliorer la qualité du fonio précuit.



© J.F. Cruz (Cirad)

Figure 1. Sachet de fonio précuit

## 2 - Diagramme de l'opération de précuisson du fonio blanchi

Le suivi des opérations de précuisson du fonio a été réalisé au sein de deux petites entreprises à Bamako et à Ouagadougou. A Bamako, la petite entreprise a une production journalière courante de 300 à 400 kg de fonio précuit alors que la petite entreprise de Ouagadougou a une production journalière d'une soixantaine de kg et de manière très irrégulière car cette production est directement liée aux commandes des clients.

### 2.1. Opérations préalables

#### 2.1.1. Nettoyage, décortiquage et blanchiment du fonio paddy ou prédécortiqué.

Les transformatrices achètent la matière première à des producteurs ou à des commerçants locaux sous la forme de fonio paddy ou plus souvent sous la forme de fonio décortiqué (ou qualifié de « prédécortiqué »). Cette matière première est alors nettoyée, par exemple au moyen d'un crible rotatif, puis décortiquée et blanchie avec un décortiqueur GMBF.

Figure 2. Crible de nettoyage



© J.F. Cruz (Cirad)



© D. Dramé (IER)

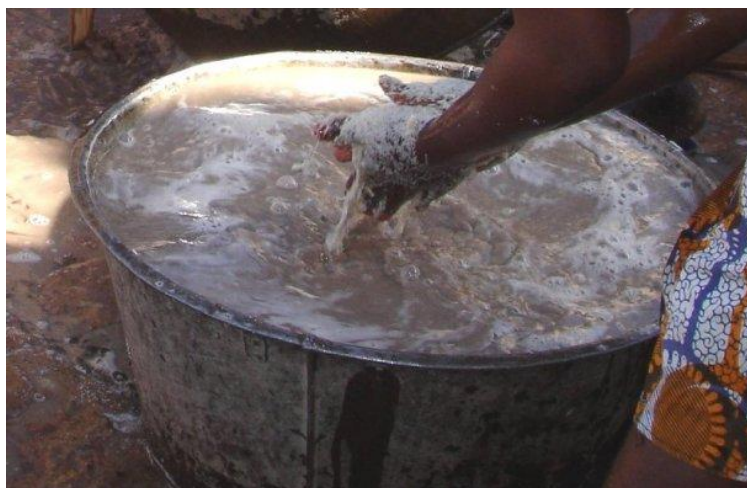
Figure 3. Décortiqueur GMBF

### 2.1.2. Lavage et dessablage du fonio blanchi

Après blanchiment, les grains font l'objet de nombreux lavages. Un premier lavage consiste à verser le fonio blanchi dans une grande bassine remplie d'eau et à le brasser à la main pour bien enlever le son résiduel et les particules légères. Les grains de fonio et les sables tombent au fond de laalebasse alors que les particules fines surnagent et sont éliminées en versant l'eau de surface dans un autre récipient ou dans le caniveau.

Le mélange est ensuite additionné d'eau claire et vidé lentement dans un récipient plus grand (alebasse ou bassine). Les grains sont entraînés avec l'eau alors que les sables restent au fond de la premièrealebasse. La qualité de la séparation dépend essentiellement du savoir-faire des opératrices qui renouvellent l'opération plusieurs fois (souvent quatre lavages/dessablages) jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de sable mélangé aux grains.

Cette phase de lavage/dessablage est consommatrice d'eau (de 3 à 5 litres d'eau par kg de fonio et parfois plus). Au cours de l'opération, les grains de fonio, trempés pendant une longue période, vont réabsorber de l'eau jusqu'à atteindre une humidité voisine de 30% (b.h) Cette phase, très contraignante et fatigante, nécessite un savoir-faire bien particulier. Pour la préparation de 400 kg de fonio, elle peut mobiliser jusqu'à 8 personnes pendant 5 heures.



© J.F. Cruz (Cirad)

Figure 4. Lavage du fonio



© P. Thauhay (Cirad)

Figure 5. Dessablage du fonio



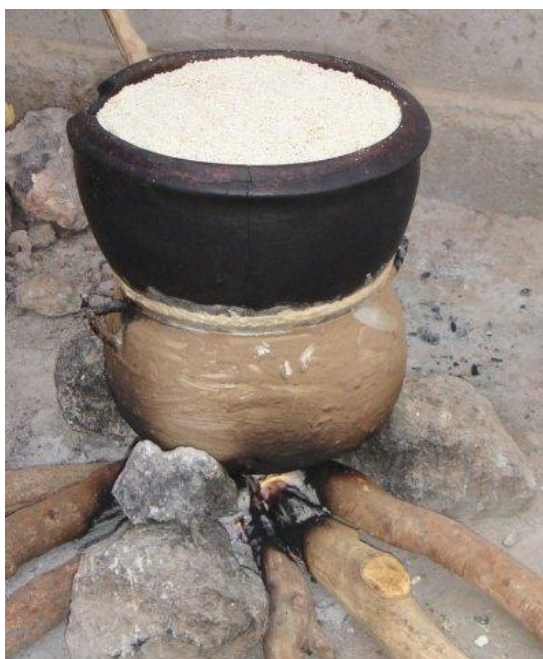
## 2.2. Opération de précuisson du fonio

### 2.2.1. Procédure

Après lavage et dessablage, les grains blanchis humides sont placés dans des couscoussiers pour subir l'opération de précuisson. Les couscoussiers sont classiquement constitués de 2 récipients en aluminium : une marmite inférieure contenant l'eau de précuisson surmontée par une bassine à fond perforé contenant le fonio à précuire. Les récipients sont assemblés par un joint d'étanchéité réalisé en argile mouillée (banco) ou en pâte à base de farine de graines de néré. L'ensemble est ensuite placé sur un foyer bois ou gaz selon les cas. Les matériels utilisés sont décrits plus loin.

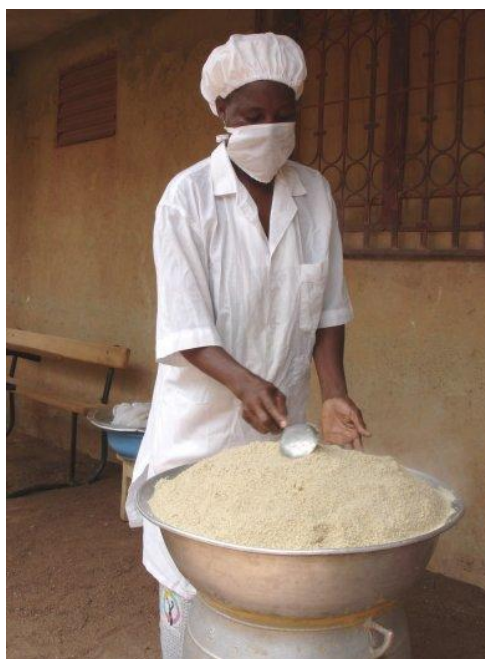
Lorsque l'eau de la marmite inférieure a été portée à ébullition (apparition de vapeur d'eau), le fonio est alors placé directement dans la bassine perforée supérieure ou repose sur un tissu (de type popeline) pour éviter des fuites de produit lorsque les perforations de la bassine sont d'un diamètre conséquent. Le tout est ensuite recouvert d'un tissu (type popeline) puis d'un couvercle métallique. La quantité de fonio humide placé dans la marmite supérieure est de 40 à 45 kg avec le foyer bois mais de 10 à 15 kg pour le foyer gaz.

Après 30 à 40 mn de passage à la vapeur, les opératrices considèrent que la précuisson du fonio est terminée.



© J.F. Cruz (Cirad)

Figure 6. Précuisson sur foyer bois sommaire



© J.F. Cruz (Cirad)

Figure 7. Précuisson sur foyer gaz

Le fonio précuit est ensuite vidé dans des bassines à l'aide de grandes écumoirs ou de grandes cuillères puis il est légèrement pilé pour briser les mottes et enfin forcé au travers d'un tamis pour briser les derniers agglomérats. Le fonio précuit est ensuite étalé en couche mince pour être séché au soleil sur des tables de séchage (à l'air libre ou placées dans un séchoir de type serre) ou encore séché dans un séchoir à claies (type séchoir à flux traversant)



© J.F. Cruz (Cirad)

Figure 8. Récupération du fonio après précuisson



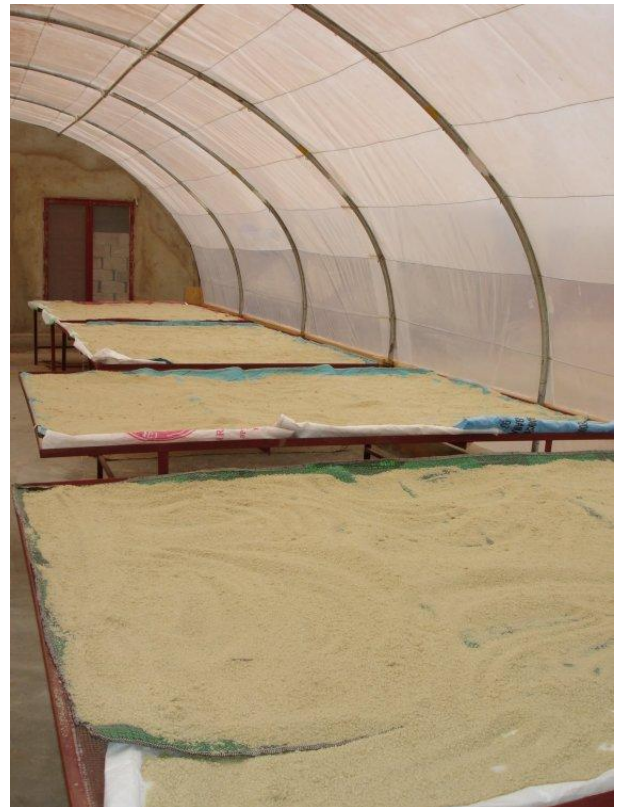
© J.F. Cruz (Cirad)

Figure 9. Emottage sur tamis



© J.F. Cruz (Cirad)

Figure 10. Séchage solaire sur table



© J.F. Cruz (Cirad)

Figure 11. Séchage dans Serre solaire

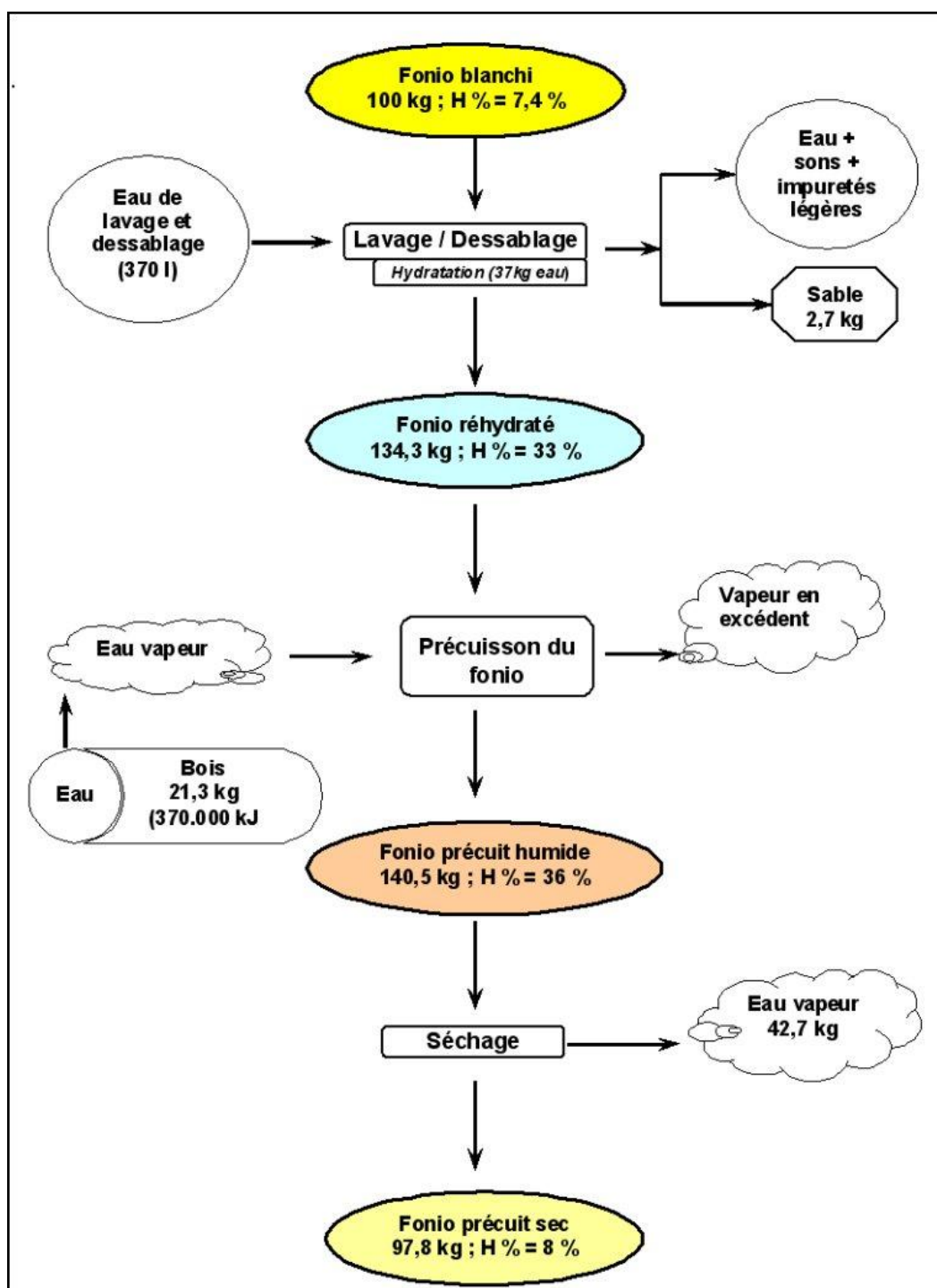


## 2.2.2. Diagrammes de précuisson

### *Avec un foyer à bois*

Les essais réalisés à Bamako ont portés sur 403,5 kg de fonio blanchi qui correspondent à 392,5 kg de fonio blanchi propre après élimination de 11 kg de sable. Après lavage et dessablage, 542,5 kg de fonio réhydraté ont été obtenu qui ont donné 567,5 kg de fonio précuit humide puis 395,1 kg de fonio précuit sec.

Sur la base de 100 kg de fonio blanchi (non lavé) à 7,4% d'humidité (b.h.), le diagramme général des opérations de précuisson avec foyer à bois est le suivant :



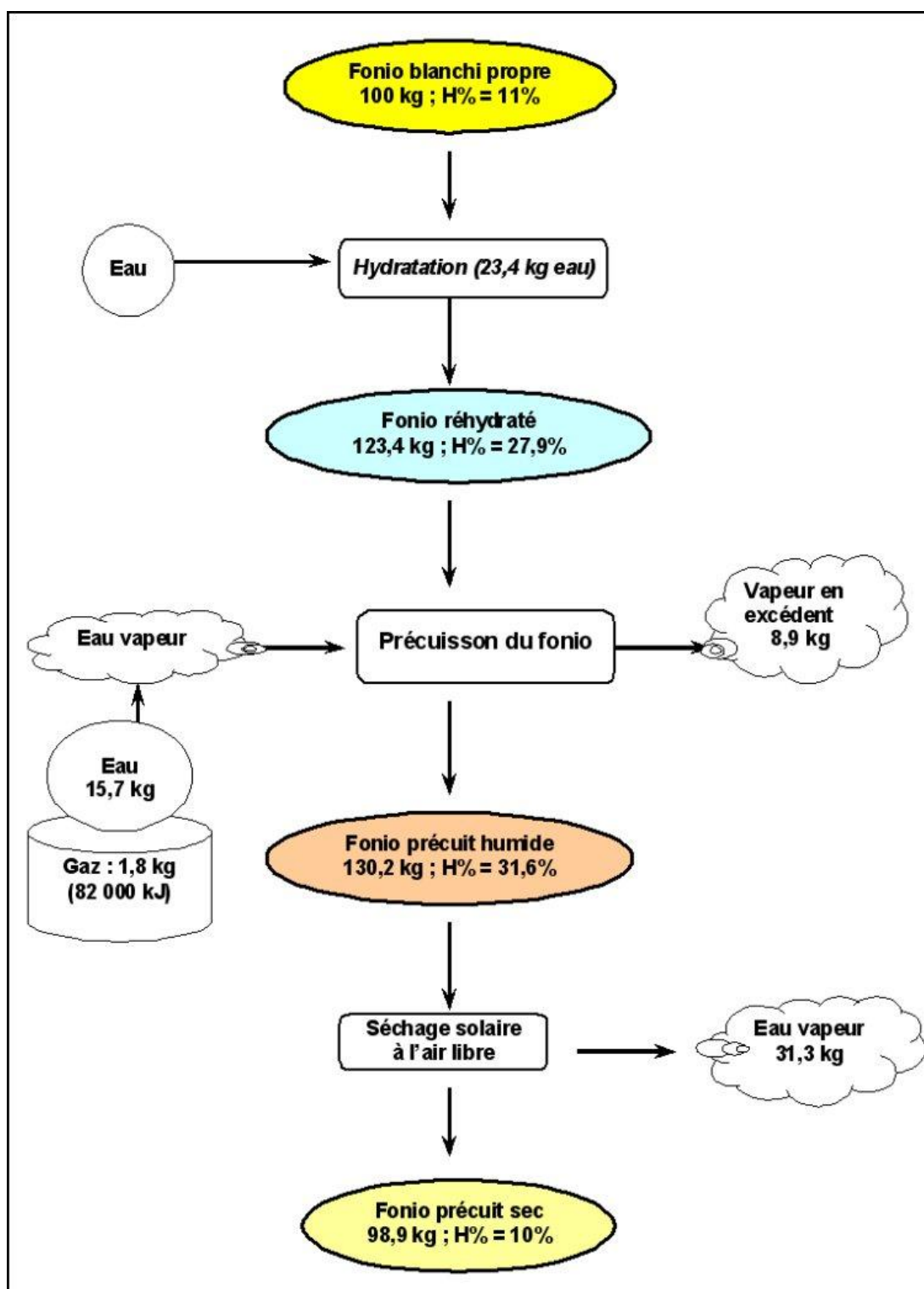
© M. Rivier & J.F. Cruz (Cirad)

Figure 12. Diagramme de l'opération de précuisson du fonio avec foyer à bois

### *Avec un foyer à gaz*

Les essais réalisés à Ouagadougou ont portés sur 33,7 kg de fonio blanchi propre. Après hydratation, 41,6 kg de fonio réhydraté ont été obtenus qui ont donné 43,9 kg de fonio précuit humide puis 33,3 kg de fonio précuit sec.

Sur la base de 100 kg de fonio blanchi lavé à 11 % d'humidité (b.h.), le diagramme général des opérations de précuisson avec foyer à gaz est le suivant :



© M. Rivier & J.F. Cruz (Cirad)

Figure 13. Diagramme de l'opération de précuisson du fonio avec foyer à gaz

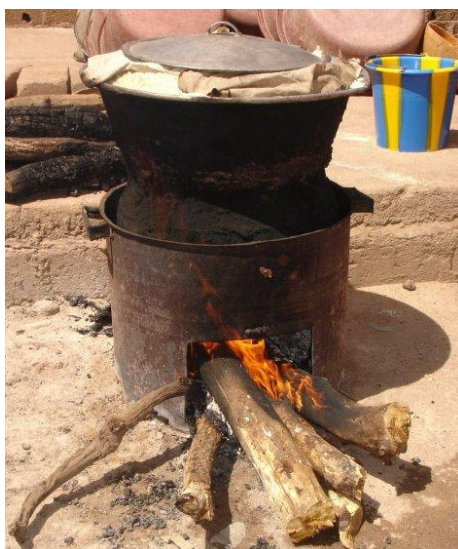
### 3 - Matériels de précuisson utilisés

#### 3.1. Foyer à bois

A Bamako, une petite entreprise utilise des « couscoussiers » alimentés énergétiquement par des foyers à bois.

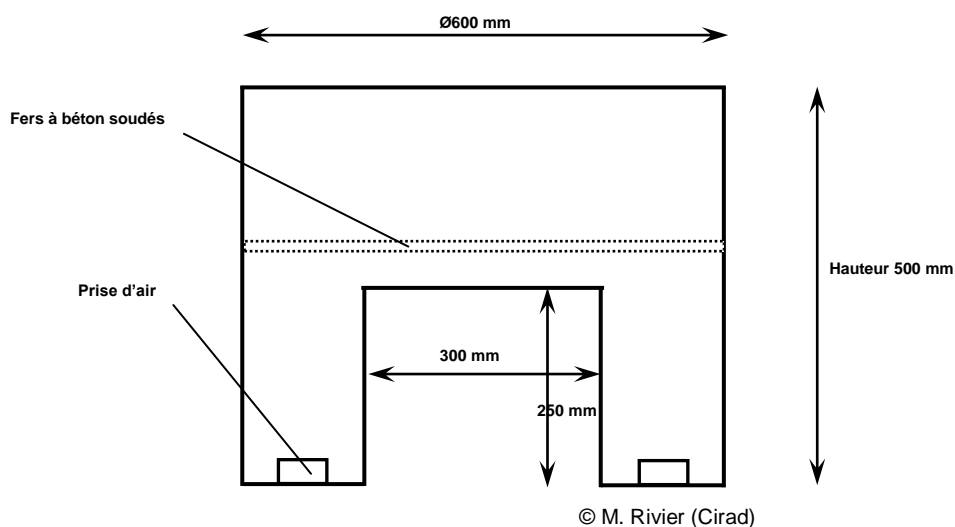
L'équipement est constitué :

- d'une bassine en aluminium avec un fond perforé pour la précuisson du fonio.
- d'une marmite en aluminium pour l'eau de précuisson
- d'un joint d'étanchéité réalisé argile mouillée (« banco ») entre les 2 récipients
- d'un foyer à bois réalisé avec un demi-fût de 200 litres (Ø 600 mm x hauteur 500 mm). Une ouverture de 300 x 250 mm permet d'alimenter en bois. Les « prises d'air » de combustion sont constituées par six ouvertures en partie inférieure du fût. Deux fers à béton sont soudés à l'intérieur du fût et permettent de positionner les récipients de précuisson.



© J.F. Cruz (Cirad)

Figure 14. Matériel de précuisson sur foyer bois



© M. Rivier (Cirad)

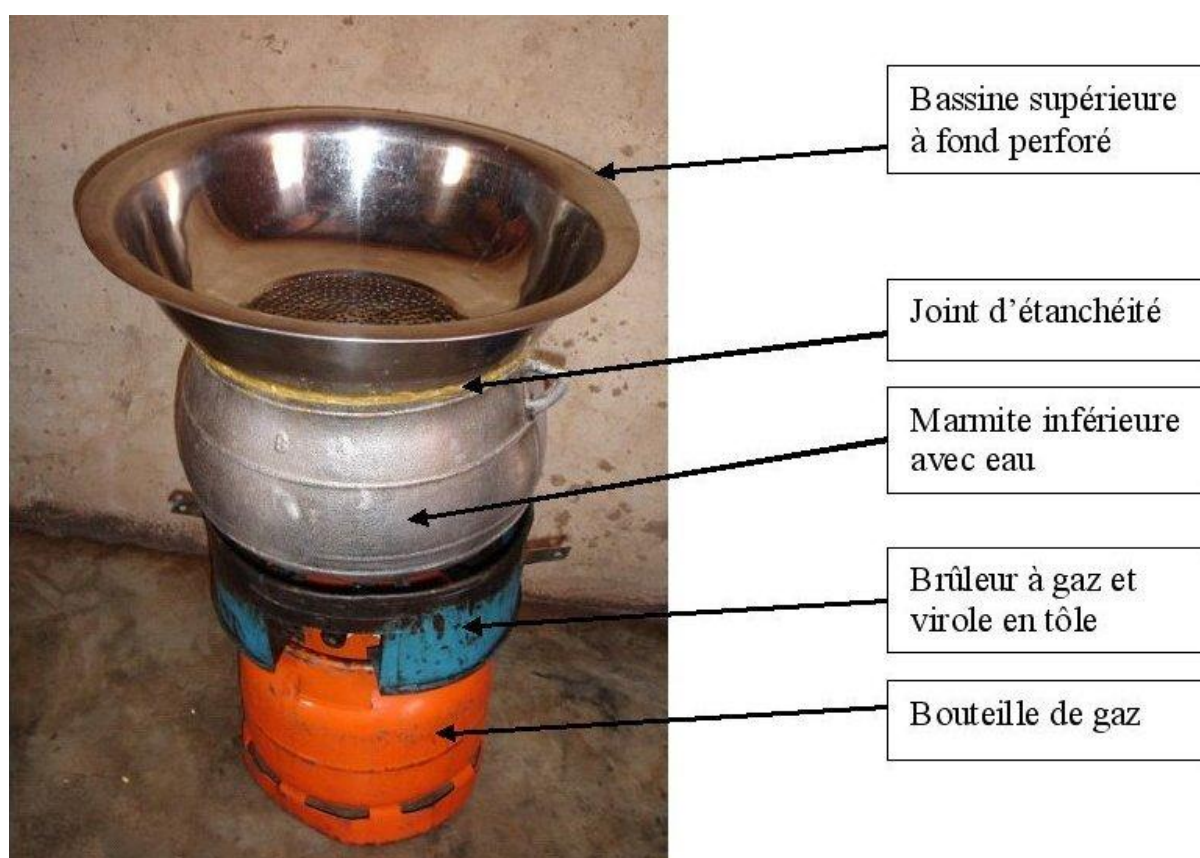
Figure 15. Schéma du foyer bois pour précuisson du fonio

### 3.2. Foyer à gaz

A Ouagadougou, lorsque la transformatrice doit réaliser la précuisson d'une importante quantité de fonio (plus de 50 kg), elle utilise un foyer à bois sinon, pour des quantités inférieures, elle préfère réaliser cette précuisson avec un foyer à gaz. Les raisons évoquées sont les suivantes :

- ✓ *le gaz est plus pratique, plus propre et plus économique<sup>1</sup>*
- ✓ *mais les dimensions des installations « à gaz » ne permettent pas d'utiliser des bassines de précuisson d'un aussi grand volume que celles utilisées avec les foyers à bois*

Le matériel de précuisson avec brûleur à gaz, est constitué d'une marmite en aluminium sur laquelle est posée une bassine à fond perforé. L'étanchéité entre ces deux éléments est assurée par un joint réalisé à base de farine de graines de néré.



© J.F. Cruz (Cirad)

Figure 16. Matériel de précuisson sur foyer gaz

<sup>1</sup> Le gaz commercialisé au Burkina Faso est subventionné. A Ouagadougou, en 2007, la bouteille de 12 kg de charge en gaz butane est vendue 4.000 Fcfa (6,1 €), la bouteille de 6 kg de charge en gaz 1.575 Fcfa (2,4 €).



## 4 - Bilan énergétique

### 4.1. Bilan énergétique du foyer à bois

Les 392,5 kg de fonio blanchi propre obtenus après élimination de 11 kg de sable lors du lavage et dessablage ont donnés 542,5 kg de fonio réhydraté. La précuisson a nécessité 86 kg de bois. Le bois utilisé est du «Combretum glutinosum» appelé «Tiangara» en langue Bambara. Un échantillon du bois utilisé a été caractérisé au Cirad à Montpellier.

- ✓ Humidité 6,8 %
- ✓ Pouvoir calorifique inférieur PCI bois = 17 400 kJ/kg

La quantité d'énergie apportée par la combustion du bois au cours de la précuisson est de :

**Qapp** = Qbois \* PCIbois = 86 \* 17 400 = 1 496 400 kJ,

Soit environ 2750 kJ consommés par kg de fonio réhydraté ou encore environ 3800 kJ par kg de fonio blanchi initial.



© J.F. Cruz (Cirad)

Figure 17. Bois utilisé pour la précuisson

### 4.2. Bilan énergétique du foyer à gaz

Le brûleur à gaz a été réglé à un certain niveau de puissance au début de l'opération de précuisson, puis le réglage reste constant durant toute l'opération.

L'hydratation des 33,7 kg de fonio blanchi propre a donné 41,6 kg de fonio réhydraté qui ont été précuits pendant 98 minutes. Une quantité de 0,6 kg de gaz a été consommée ; ce qui représente une puissance thermique de  $P = (45.600 * 0,6)/5880 = 4,7$  kW avec un pouvoir calorifique inférieur du gaz butane (PCI gaz) de 45 600 kJ/kg .

La quantité d'énergie apportée par la combustion du gaz au cours de la précuisson est de :

**Qapp** = Qgaz \* PCIgaz = 0,6 \* 45 600 = 27 360 kJ

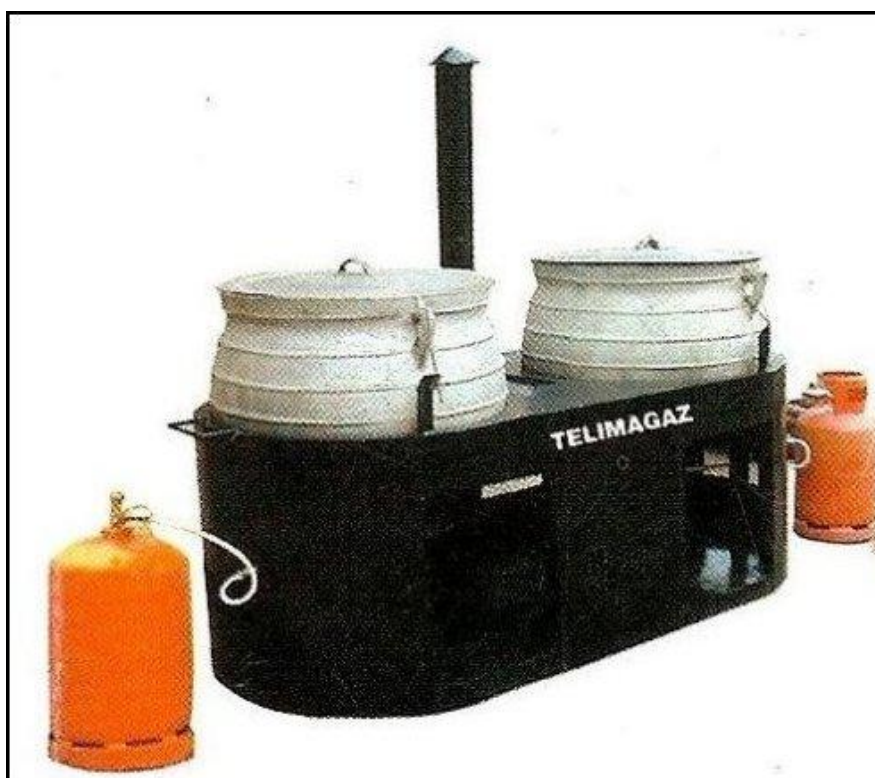
Soit environ 660 kJ consommés par kg de fonio réhydraté ou encore environ 810 kJ par kg de fonio blanchi initial. Donc une consommation 4 à 5 fois inférieure à celle moins d'un foyer à bois sommaire.

## 5 - Conclusions

Les suivis réalisés au sein des entreprises à Bamako (Mali) et à Ouagadougou (Burkina) ont permis de constater que les opérations de précuisson du fonio suivent les mêmes phases, que l'on utilise des foyers à bois ou des foyers à gaz. Les matériels de précuisson utilisés (foyer, marmite, bassine) sont généralement « rustiques » et de petite capacité (20 à 40 kg) mais ils présentent l'avantage d'être disponibles localement et d'un prix accessible pour les transformatrices.

Les foyers à bois utilisés imposent cependant de grandes contraintes, autant ergonomiques qu'économiques. En effet, lors de la précuisson en plusieurs lots (ou « batchs »), les opératrices doivent retirer les rondins de bois enflammés en fin de précuisson puis de les replacer pour la précuisson suivante. Cette opération présente des effets inconfortables et des risques de brûlures pour le personnel ainsi que des dangers d'incendie. Les foyers à combustion de bois, ont par ailleurs une consommation énergétique importante pouvant être de 4 à 5 fois supérieure à celle des foyers à gaz. La rusticité du foyer, laissant échapper les flammes autour des marmites de précuisson, est à l'origine de ces pertes énergétiques.

Face à l'inefficacité des foyers à bois actuels, l'une des actions à mener serait d'appuyer les unités de transformation, afin qu'elles puissent acquérir des équipements bois-énergie de meilleur rendement ou des brûleurs à gaz nouveaux et performants (par exemple du type « Telimagaz » commercialisé par Total au Burkina Faso)



D'après Doc. Total -Burkina

Figure 18. Telimagaz (double foyer)

## Références

Cruz J.F., Dramé D. 2005. Technologies post-récolte du fonio, Projet CFC/IGG (FIGG/02). 1 disque optique numérique (CD-ROM), Cirad, Montpellier.

Cruz J.F. 2004. Fonio: a small grain with potential. LEISA, magazine on low external input and sustainable agriculture. Valuing crop diversity. Volume 20 n°1. march. pp.16-17.

Cruz J .F. 2001. Le fonio. Montpellier : Cirad, 24 p. (*document multigraphié*).